

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-140024

(43)Date of publication of application : 13.05.2004

(51)Int.Cl.

H01L 31/042

(21)Application number : 2002-300784

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 15.10.2002

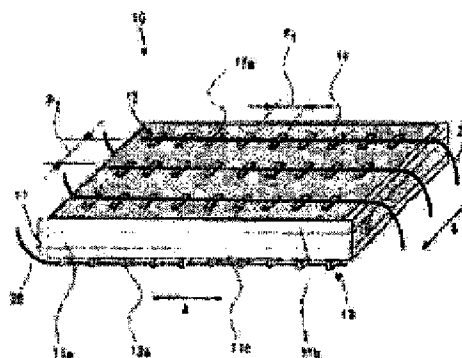
(72)Inventor : NUNOI TORU

(54) SOLAR CELL, SOLAR CELL MODULE USING IT, AND ITS PRODUCING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solar cell module at a lower cost by performing series connection of thin solar cells conveniently at a high speed, to provide its producing method, and to provide a thin solar cell in which wiring can be connected at a high speed when the solar cell module is produced.

SOLUTION: The solar cell module comprises a semiconductor layer part 11 including a plurality of semiconductor layers and having a photoelectric conversion function, an electrode part 12 provided on the light receiving surface side of the semiconductor layer part 11, and an electrode part 13 provided on the rear surface side of the semiconductor layer part 11. At least the light receiving surface electrode part 12 consists of a plurality of rows of dot-like separation electrodes 12a arranged in the direction B substantially perpendicular to the connecting direction A of leads 26 at the time of modularization or a plurality of linear separation electrodes arranged in the substantially perpendicular direction B.



[0014]

Further, the solar battery cell in the present invention may be set such that a sheet resistance value of the light-receiving surface side semiconductor layer of the semiconductor layer portion falls in a range of 50 to 150 Ω /square. By adopting such a configuration, a solar cell module with high photoelectric conversion efficiency can be obtained by achieving modularization using the solar battery cells. Especially, if the above-described sheet resistance value is set to a range of 60 to 120 Ω /square, higher and stable photoelectric conversion efficiency can be obtained, which is preferable. Incidentally, when the above-described sheet resistance value is less than 50 Ω /square, a generation current in the solar battery cell is originally small, so that a merit from application of this invention cannot be obtained. On the other hand, if the sheet resistance value is higher than 150 Ω /square, the light-receiving surface side semiconductor layer becomes excessively thin such as about 0.2 μm , which results in occurrence of a pn-junction breakage due to invasion of a printed electrode material.

[0021]

A solar battery cell 10 of this embodiment is provided with a semiconductor layer portion 11 composed of a plurality of semiconductor layers stacked and having a photoelectric conversion function, a light-receiving surface electrode portion 12 provided on a light-receiving surface side of the semiconductor layer portion 11, and a back surface electrode portion 13 provided on a back surface side of the semiconductor layer portion 11, and a reflection-preventing film 14 formed on a light-receiving surface of the semiconductor layer portion 11. Incidentally, in FIG. 1, reference numeral 26 denotes a metal thin wire serving as a conductive wire electrically connected to the light-receiving surface electrode portion 12 and the back surface electrode portion 13.

[0022]

The semiconductor layer portion 11 having a rectangular

shape has an n^+ diffusion layer 11b on a light-receiving surface side of a p-type silicon substrate 11a and has a p^+ layer 11c on a back surface side of the p-type silicon substrate 11a.

The light-receiving surface electrode portion 12 is composed of a plurality of lines of dot-shaped separation electrodes 12a arranged in a direction B approximately perpendicular to a connection direction A in which the dot-shaped separation electrodes 12a are connected by the metal thin wire 26 at a modularization time. Regarding to the shape and the size of the dot-shaped separation electrode 12a, the shape is a rectangular shape has a side in the above-described connection direction A as a short side and the size is formed to have 0.2 mm x 0.5 mm, respectively. The separation electrodes 12a are arranged by a predetermined plural number in a line in the direction B approximately perpendicular to the connection direction A with inter-electrode pitches (inter-dot pitches) P_2 of 2 mm, and are arranged by a predetermined plural lines in the connection direction A with inter-electrode pitches (inter-line pitches) P_1 of 2 mm. Incidentally, in order to avoid complication, such a case is shown in FIG. 1 that the separation electrodes 12a are arranged such that respective three thereof are aligned with the inter-dot pitches P_2 and 9 lines thereof are aligned with the inter-line pitches P_1 , but in an actual case, separation electrodes 12a are arranged such that respective several tens thereof are aligned in the direction B approximately perpendicular to the connection direction A, while 10 to 60 lines thereof are aligned in the connection direction A (see FIG. 3).

Incidentally, the inter-dot pitches in the direction A are not required to be constant pitches and pitch change may occur within the above-described pitch range. In other words, the separation electrodes are not required to be arranged in a line in the above-described direction of the pitches P_2 . In addition, even if there are some separation electrodes which cannot be connected to the metal wire 26 in the separation electrodes, when the ratio of non-connection of the separation electrodes falls within 10%, a problem about practical

characteristics does not occur.

[0023]

The back surface electrode portion 13 is composed of a plurality of (10 in FIG. 1) separated line-shaped separation electrodes 13a extending in the direction B approximately perpendicular to the above-described connection direction A, and respective separation electrodes 13a are arranged in parallel to one another with pitches of 2 mm in the above-described connection direction A.

[0025]

As shown in FIG. 1 to FIG. 4, when four solar battery cells 10 are electrically connected in series by a plurality of metal thin wires 26 in modularization, the metal thin wire 26 having one end side electrically connected to a plurality of lines of dot-shaped separation electrodes 12a of the light-receiving surface electrode portion 12 of one solar battery cell 10 so as to extend across them has the other side electrically connected to a plurality of line-shaped separation electrodes 13a of the back surface electrode portion 13 of another solar battery cell 10 adjacent to the one solar battery cell 10 so as to extend across them. At this time, pitches of the respective metal thin wires 26 electrically connected to the light-receiving surface electrode portion 12 and the back surface electrode portion 13 are set to be approximately equal to the pitches P_2 among the respective dot-shaped separation electrodes 12a of the light-receiving surface electrode portion 12. Further, in this case, the number of electrical connections between solar battery cells 10 adjacent to each other becomes equal to the number of metal thin wires 26 arranged on the side of the light-receiving surface electrode portion 12 or the side of the back surface electrode portion 13. Thus, cell lines 15 and 15, each being composed of four solar battery cells 10 wired in series, are installed between a reinforced glass 2 and a moisture-proof film 5 via EVA sheets 3 and 4, so that a solar cell module M is manufactured.

[0036]

[Example 1]

A solar battery cell and a solar cell module using the solar battery cells were manufactured according to the following manufacturing procedure. Incidentally, the solar battery cell of this Example 1 was manufactured such that the back surface electrode portion 13 had dot-shaped separation electrodes similar to those in the light-receiving surface electrode portion 12 in the solar battery cell 10 explained in the embodiment (FIG. 1).

[0037]

First of all, a P-type silicon substrate 11a having an outer size of 125 mm x 80 mm and a thickness of 0.22 mm and having a specific resistance of $2 \Omega \cdot \text{cm}$ was immersed in hydrofluoric acid (50%) and nitric acid (1 : 3 in volume ratio)-mixed solution for one minute, so that a crushed surface layer occurring at a slice time was removed by a thickness of about 20 μm . Next, after one side surface of the P-type silicon substrate 11a was spin-coated with a BSG film, boron diffusion for formation of a P^+ layer 11c was performed within a heat treatment furnace set at a temperature of 900°C for 30 minutes. The sheet resistance value of the P^+ layer 11c was 33 Ω/square and the depth thereof was 0.4 μm . An acid-resistance tape was attached to this one side surface, and an unnecessary P^+ layer on the other surface was removed in the above-described hydrofluoric acid and nitric acid-mixed solution. Then, after the tape was removed by organic solvent and clarification was performed, a SiO_2 coat agent for semiconductor was applied to the surface of the P^+ layer 11c and was dried. Subsequently, after a densifying process of the film was performed by heating at a temperature of 500°C, phosphorus diffusion for 25 minutes was performed in an electric furnace set at a temperature of 860°C under atmosphere containing POCl_3 . Thereafter, a PGS (phosphorus glass) layer and the like were removed in an HF-series solution and a light-receiving surface side n^+ diffusion layer 11b having a

joint depth of about 0.34 μm and a surface concentration of 10^{19} cm^{-2} or more was obtained. The sheet resistance value of the n^+ diffusion layer 11b was 85 Ω /square. Next, a silicon nitride film (SiN_x) with a thickness of about 800 \AA was deposited and formed on a surface of the n^+ diffusion layer 11b as a reflection-preventing film 14 using a plasma CVD apparatus. Incidentally, silane and ammonia were used as gaseous species. At the next electrode formation, a paste containing Ag powder and Al powder was first printed in a rectangular dot-shaped pattern (0.5 mm x 1.5 mm) on a back surface of the p-type silicon substrate 11a with the pitches P_1 of 4 mm and the pitches P_2 of 4mm and dried. A back surface electrode portion 13 was formed by performing baking in a near-infrared furnace. Next, a similar rectangular dot-shaped pattern was screen-printed on the SiN_x reflection-preventing film 14 on the n^+ layer 11b as a light-receiving surface side electrode formation. As the material for the electrodes, a paste material containing Ag for a solar cell as a main component was used. A light-receiving surface electrode portion 12 was formed by performing baking at a temperature of about 650°C while utilizing the near-infrared furnace, so that a solar battery cell according to the invention was completed. Incidentally, in this Example 1, in the respective electrode portions 12 and 13 on the surface and back surface, a total of 570 dot-shaped separation electrodes of 30 dot-shaped separation electrodes in the direction B approximately perpendicular to the cell connection direction A x 19 lines in the cell connection direction A were formed and the respective separation electrodes in the respective electrode portions 12 and 13 were arranged in a positional relationship opposed to each other.

[0039]

Next, modularization of the manufactured solar battery cells was performed in the following manner.

Copper wire was plated to have a solder thickness of 10 μm by a dip method in advance and a total of 60 metal thin wires

26 with a total thickness of 80 μm were loaded such that 30 metal thin wires were included in a first bobbin line L_1 and 30 metal thin wires were included in a second bobbin line L_2 . On the other hand, while the cells 10 manufactured in the above manner were being supplied at a cell supply position E one by one such that a longitudinal direction of the cell is approximately perpendicular to the a supply direction of the metal thin wire and the respective bobbin lines L_1 and L_2 were being simultaneously moved vertically in directions different from each other, the cells 10 were involved between the metal thin wires 26. At this time, the metal thin wires 26 and 26 paired of the respective bobbin lines L_1 and L_2 were arranged at a central position in the direction B approximately perpendicular to the cell connection direction A in the respective dot-shaped separation electrodes on the surface and back surface sides with a positional accuracy of about $\pm 100 \mu\text{m}$. Further, a distance between a cell 10 and another cell 10 adjacent thereto was set to 2 mm.

[0042]

Next, the cell line was cut to groups of four cells. A cutting method was similarly performed by another laser light source. Thereafter, as shown in FIG. 2, after a reinforced glass 2, an EVA (ethylene-vinyl acetate) sheet 3, cell lines 15 wired in series, an EVA sheet 4, a moisture-proof film 5 were placed in this order within a known laminator apparatus (not shown), a solar cell module M was completed according to a procedure of air exhausting, heating, and sealing. Incidentally, as shown in FIG. 3, a solar cell module 39 is attached with a negative terminal 6 and a positive terminal 7 at a lamination time. All the cells 10 were connected in series by the metal thin wires 26 and were electrically connected to the above-described two module terminals 6 and 7. When the completed module M was caused to operate under the above-described virtual sun light and a current-voltage characteristic thereof was measured, a short-circuit current density was 38.1 mA/cm^2 , an open voltage was 4.81 V, and a fill factor was 0.719, and a module photoelectric

conversion efficiency was 13.2%.

FIG. 1

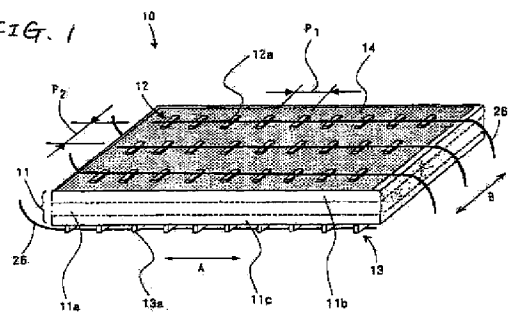


FIG. 2

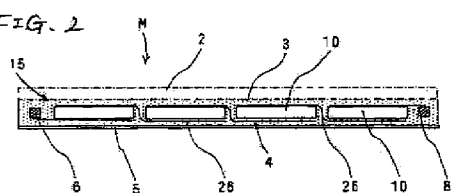


FIG. 3

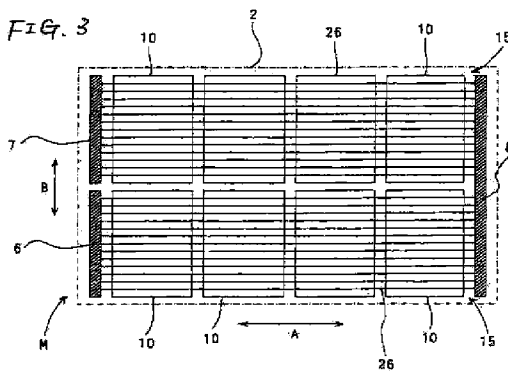


FIG. 4

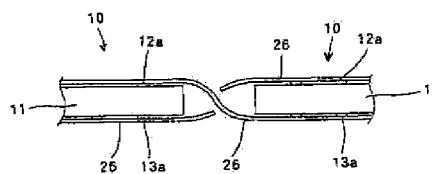


FIG. 5

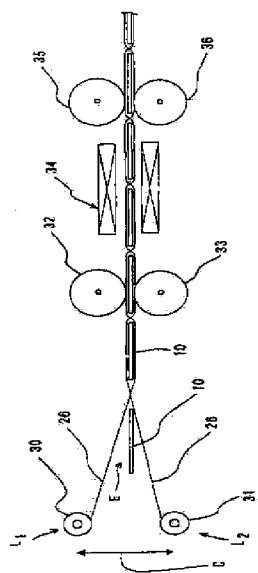


FIG. 6

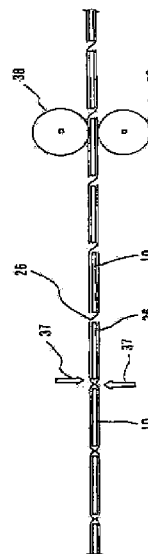


FIG. 7

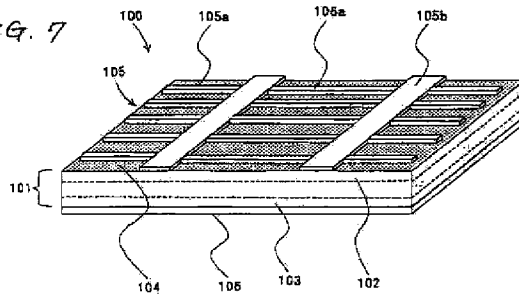
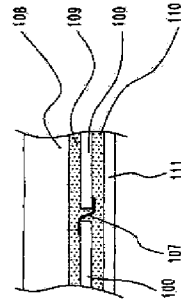


FIG. 8



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-140024

(P2004-140024A)

(43) 公開日 平成16年5月13日(2004.5.13)

(51) Int. Cl.⁷
H01L 31/042F1
H01L 31/04C
テーマコード (参考)
5F051

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2002-300784 (P2002-300784)	(71) 出願人	000005049
(22) 出願日	平成14年10月15日 (2002.10.15)		シャープ株式会社
			大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
		(74) 代理人	100065248
			弁理士 野河 信太郎
		(72) 発明者	布居 徹
			大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
			シャープ株式会社内
		Fターム(参考)	5F051 AA01 BA14 CB27 DA03 EA04
			EA09 EA11 EA20 FA13 FA14
			FA16

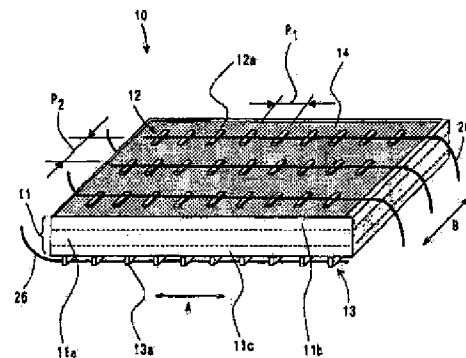
(54) 【発明の名称】 太陽電池セル、それを用いた太陽電池モジュールおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 薄型太陽電池セルの直列接続を簡便かつ高速に行えるようにすること、一層低コストな太陽電池モジュールおよびその製造方法を提供することおよび太陽電池モジュールの製作の際の配線接続の高速化を行い得る薄型太陽電池セルを提供すること。

【解決手段】 複数の半導体層が積層され、光電変換機能を有する半導体層部11と、この半導体層部11の受光面側に設けられる受光面電極部12と、半導体層部11の裏面側に設けられる裏面電極部13とを備える。さらに、少なくとも受光面電極部12が、モジュール化の際の導線26による接続方向Aと略直交する方向Bに並ぶ複数列のドット状分離電極12aまたは前記略直交する方向Bに延びる複数本の線状分離電極からなる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の半導体層が積層され、光電変換機能を有する半導体層部と、この半導体層部の受光面側に設けられる受光面電極部と、半導体層部の裏面側に設けられる裏面電極部とを備えた太陽電池セルであって、受光面電極部が、モジュール化の際の導線による接続方向と略直交する方向に並ぶドット状分離電極の複数列または前記略直交する方向に延びる複数の線の線状分離電極からなることを特徴とする太陽電池セル。

【請求項 2】

裏面電極部が、モジュール化の際の導線による接続方向と略直交する方向に並ぶドット状分離電極の複数列または前記略直交する方向に延びる複数の線の線状分離電極からなる請求項 1 に記載の太陽電池セル。

10

【請求項 3】

ドット状分離電極の各ドット間ピッチが 0.5 ～ 5 mm に設定され、かつドット状分離電極の各列間ピッチが 0.5 ～ 5 mm に設定された請求項 1 または 2 に記載の太陽電池セル。

【請求項 4】

半導体層部の受光面側半導体層のシート抵抗値が 50 ～ 150 Ω/\square に設定された請求項 1 ～ 3 の何れか 1 つに記載の太陽電池セル。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の太陽電池セルの複数の複数列の導線にて電氣的に直列に接続してなり、その接続が、一の太陽電池セルの受光面電極部の複数列のドット状分離電極に一端側が跨って電氣的に接続された導線の他端側、または一の太陽電池セルの受光面電極部の複数の線の線状分離電極に一端側が跨って電氣的に接続された導線の他端側と、隣接する他の太陽電池セルの裏面電極部との間をなされてなることを特徴とする太陽電池モジュール。

20

【請求項 6】

裏面電極部が、モジュール化の際の導線による接続方向と略直交する方向に並ぶドット状分離電極の複数列または前記略直交する方向に延びる複数の線の線状分離電極からなる請求項 5 に記載の太陽電池モジュール。

【請求項 7】

隣接する各導線のピッチが、0.5 ～ 5 mm に設定された請求項 5 または 6 に記載の太陽電池セル。

30

【請求項 8】

複数の太陽電池セルを電氣的に直列に接続するセル接続工程を備え、このセル接続工程が、導線を巻いたボビンが複数個並んだ第 1 ボビン列と、導線を巻いたボビンが複数個並んだ第 2 ボビン列とを略上下交互に交差状に移動させながら各導線を繰り出し、かつ第 1 ボビン列の各導線と第 2 ボビン列の各導線との間に複数の太陽電池セルを順次平継状に繰り込むセル繰り込み工程と、

各太陽電池セルの受光面電極部と裏面電極部に各導線を電氣的に接続する導線接続工程と

40

直列に隣接する各太陽電池セルのセル間において、第 1 ボビン列の各導線と第 2 ボビン列の各導線を隣接するセル間毎に交互に切断する導線切断工程とを備えたことを特徴とする太陽電池モジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、太陽電池セル、それを用いた太陽電池モジュールおよびその製造方法に関し、特に太陽電池モジュールを構成するに好適な電極と配線方法、並びに構造に関するものである。

【0002】

50

【従来の技術】

通常、単結晶シリコンや多結晶シリコン基板を用いてPn接合を有する太陽電池セル100は、図7に示すように、一般的に厚さ0.4mm程度のP型シリコン基板101に対し、受光面側に化学的に凹凸形状を加工した後、熱拡散法でn型層102を形成し、一方裏面側にはアルミニウム元素拡散などによりP+高濃度層103を形成したものが公知である（例えば、特許文献1参照）。なお、n型層102の表面には反射防止膜104の形成も行われる。受光面側の受光面電極105は、太陽電池用銀ペースト材料の印刷と焼成により行われる。この際、受光面電極105の形状としては、細線部分（以下、グリッド電極105aと称す）と太線部分（以下、メイングリッド電極105bと称す）を組合せたパターンを用いて、受光面のシリコン表面をできるだけ広くする工夫がなされている。一方、裏面側電極106では、アルミニウムを主成分とするペースト材料を略全面にわたり印刷、焼成することによって形成する。このようにして作製した複数の太陽電池セル100から太陽電池モジュールを製作する際は、図8の断面図に示すように、一の太陽電池セル100の受光面側のメイングリッド電極と、隣接する他の太陽電池セルの裏面電極とを、銅リボンなどの配線材107をはんだで接続し、このようにセルを10直列以上に結線した状態で、ガラス108の片面に透明樹脂109を介して接着すると共に、透明樹脂110を介して防湿フィルム111やモジュールの電極端子などが設けられる。

10

【0008】

配線技術の他の例としては、多数の金属ワイヤーをセル表面に導電性接着剤で貼りつけて、そのワイヤー端を隣接セルの裏面に延ばして接続することによって直列配線することでも行われる（例えば、特許文献2参照）。

20

【0004】

【特許文献1】

特開2002-222978号公報

【特許文献2】

特開平10-51018号公報（第4頁、図1、図2）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前者（例えば、特許文献1）では、直列配線のためには幅2～3mm、厚さ0.2mm程度の銅配線材107を折り曲げ加工した後、セル間をはんだ接続するため、コスト低減のためセル厚さを更に薄くしようとするれば、セル自体の破損率が急速に高まるとともに配線接続の高速化には限界を来していた。

30

また、後者（例えば、特許文献2）の方法も、セル表面から隣接セル裏面への接続の手間は基本的に前者と同等以上であり、配線接続の高速化はやはり困難である。

【0006】

本発明の主要な目的の一つは、薄型太陽電池セルの直列接続を簡便かつ高速に行えるようにすること、一層低コストな太陽電池モジュールおよびその製造方法を提供することにある。

本発明の主要なもう一つの目的は、太陽電池モジュールの製作の際の配線接続の高速化を行い得る薄型太陽電池セルを提供することにある。

40

【0007】

【課題を解決するための手段】

かくして本発明によれば、複数の半導体層が積層され、光電変換機能を有する半導体層部と、この半導体層部の受光面側に設けられる受光面電極部と、半導体層部の裏面側に設けられる裏面電極部とを備えた太陽電池セルであって、受光面電極部が、モジュール化の際の導線による接続方向と略直交する方向に並ぶドット状分離電極の複数列または前記略直交する方向に延びる複数の線状分離電極からなる太陽電池セルが提供される。

【0008】

つまり、本発明の太陽電池セルは、その受光面側の受光面電極部が、複数に分離され、それによって、半導体層部に対し受光面電極部による機械応力を分散でき、半導体層部が薄

50

くなくても機械的に耐えられるようにするものであり、具体的に言えば、従来の太陽電池セル（図7参照）における受光面側の電極のメイングリッド電極（太線電極部分）が省略されてなる複数本の線状分離電極、またはこれら複数本の線状分離電極を分割縮小してなる複数列のドット状分離電極として形成されているわけである。これについて詳しくは後述する。

【0009】

ここで、本発明において、複数の半導体層が積層され、光電変換機能を有する半導体層部は、主としてシリコン基板を使用して公知技術により形成することができ、シリコン基板以外にも、シリコンゲルマニウム基板、ガリウム 素基板等の化合物半導体基板などの公知材料を使用することもできる。例えば、基本的な構造としては、光入射側からn、P、あるいは光入射側からP、nでも可能である。更には、光入射側をnでなく高濃度化したn+に、あるいは光入射側をPでなく高濃度化したP+とすることもできる。これらの受光面側の半導体層（以下、受光面側接合層と称することがある）は従来から用いられる熱拡散法、イオンインプランテーション法により形成できる。また、受光面側接合層の表面には反射防止膜を形成してもよい。一方、光入射と反対側の裏面には、BSF層や、裏面反射層（back surface reflector）を形成したり、表面再結合を防止するための酸化膜形成、窒化膜形成を行ってもよい。なお、反射防止膜や裏面反射膜としては、各種酸化膜などを用いることができる。

【0010】

本発明において、受光面電極部の各分離電極は、例えばAg粉末を主成分とする導電性ペーストを印刷、焼成する印刷法や、Ag及び/又はAlの蒸着法などにより形成することができる。

また、受光面電極部の各分離電極のパターン形状は、上述したように、▲1▼複数個のドット状分離電極が受光面に略規則的に分散配置されたパターン形状と、▲2▼一定幅の直線として相互に平行に所定ピッチで形成された複数本の線状分離電極からなるパターン形状を挙げることができる。従来ではセル受光面に高価な銀ペースト電極材料を用いてセル表面積の5%程度の面積でグリッド形状の電極（図7参照）を印刷していたが、本発明では受光面電極部をドット状または線状の分離電極とすることにより電極面積を低減でき、特にドット状の電極パターンではセル表面積の1%程度の面積にまで大幅に低減することができ、コストダウンを図り得る。またこれによって、電極が表面再結合速度を大きくして特性低下を招いていた要因が大幅に低減し、このことで光電変換効率を改善できる著しい効果を得ることができる。

【0011】

本発明において、受光面電極部の各分離電極のパターン形状が上記▲1▼の場合、各分離電極の形状、大ききす法としては、モジュール化の際の導線による接続方向を短辺とする長方形の場合には、0.05~2.0mm×0.5~8.0mm（好ましくは0.2mm×1.0mm）の大ききす法を挙げることができる。また、円形、ひし形、楕円などとしてもよく、そのす法としては上記範囲が望ましい。

また、各分離電極間のピッチとしては、上記接続方向の電極間ピッチ（各列間ピッチ）を0.5~5mm、好ましくは2mmとし、かつ上記接続方向と略直交する方向の電極間ピッチ（各ドット間ピッチ）を0.5~5mm、好ましくは2mmとする最適値を挙げることができる。各分離電極間のピッチを上記範囲に設定することにより、高い光電変換効率の太陽電池セルを得ることができる。なお、上記接続方向あるいは上記接続方向と略直交する方向のいずれであっても、各分離電極間のピッチが0.5mmよりも小さいと電極間が狭くなり、太陽電池セルの受光面に対する電極占有率が増加して光電変換効率の大幅な改善とはなり難い。また、上記接続方向あるいは上記接続方向と略直交する方向のいずれであっても、各分離電極間のピッチが5mmよりも大きいと受光面側半導体層部（n+層）の抵抗成分が増加して曲線因子FFを低下させてしまう。これを補う方法としては、シート抵抗を極端に小さくしなければならぬが、そのようにするには拡散時間などが長大化してコストアップとなる。

10

20

30

40

50

一方、受光面電極部の各分離電極のパターン形状が上記▲2▼の場合、線状の各分離電極の幅としては0.05~0.5mm、長さはセル幅と略等しくすることができ、そして、上記接続方向と略直交する方向の各分離電極間のピッチは0.5~5mmとすることができ、

なお、本発明の太陽電池セルの受光面電極部において、ドット状の分離電極パターンは、線状の分離電極パターンに比して、電極占有率が小さいためセル光電変換率が高くなるという利点の他は、モジュール化した際の導線へ集電される電流の分離電極（印刷電極）を流れる距離が短いので、電気抵抗をより小さく抑え、より高い集電効果によるより高い光電変換効率を得ることができ、利点もある。

【0012】

また、本発明において、裏面側の裏面電極部は、(1)全面電極からなるもの、(2)受光面電極部の上記▲1▼と同じく、モジュール化の際の導線による接続方向と略直交する方向に並ぶドット状分離電極の複数列からなるもの、あるいは(8)受光面電極部の上記▲2▼と同じく、モジュール化の際の導線による接続方向と略直交する方向に延びる複数本の線状分離電極からなるものとする事ができる。

本発明において、裏面電極部の各分離電極のパターン形状が上記(1)の場合、粉末アルミニウムを主成分とするペースト材料をシリコン基板の裏面全面に印刷、焼成することにより全面電極を形成することができ、

また、上記(2)(8)の場合は、受光面電極部と同じく印刷法、蒸着法により各分離電極を形成することができ、なお、裏面電極における上記(2)では、ドット状分離電極の形状、大きさおよび電極間ピッチは、上記▲1▼の受光面電極部と同じくすることができ、また、裏面電極における上記(2)では、線状分離電極の幅、長さおよび電極間ピッチは、上記▲2▼の受光面電極部と同じくすることができ、

【0018】

本発明によれば、受光面となる片方表面の電極（受光面電極部）を分離形成することによって、太陽電池セル同士を電氣的に直列に接続して太陽電池モジュールを製作する過程において、一の太陽電池セルの受光面電極部の各分離電極と、隣接する他の太陽電池セルの裏面電極部とを電氣的に接続する際の受光面側の応力集中を回避することができ、太陽電池セルの割れを低減することができ、また、受光面電極部と同様に、裏面電極部も複数列のドット状分離電極あるいは複数本の線状分離電極から構成すれば、モジュール化に際しての太陽電池セルの割れをより一層低減することができ、なお、裏面電極部が全面電極である場合には、裏面電界（back surface field）効果、つまり裏面電極部側の高濃度化した半導体層（例えばP+部分）によりセル内部に電界を作ることによって発生キャリアの収集効果を改善して、高いセル光電変換効率を得られる利点がある。

【0014】

また、本発明における太陽電池セルは、半導体層部の受光面側半導体層のシート抵抗値が50~150Ω/□に設定されたものとしてもよい。このように構成することによって、この太陽電池セルを用いてモジュール化することにより、高い光電変換効率の太陽電池モジュールを得ることができ、特に、上記シート抵抗値が50~120Ω/□とすれば、より高く安定した光電変換効率を得ることができて好ましい。なお、上記シート抵抗値が50Ω/□よりも小さいものでは太陽電池セルの発生電流が元々小さく本発明の適用する利点はない。一方、シート抵抗値が150Ω/□よりも大きいものでは、受光面側半導体層が0.2μm程度と薄くなり過ぎ、印刷電極材料が侵入してPn接合破壊を生じる。

【0015】

本発明は、別の観点によれば、上述した構成の太陽電池セルの複数個を複数本の導線にて電氣的に直列に接続してなり、その接続が、一の太陽電池セルの受光面電極部の複数列のドット状分離電極に一端側が跨って電氣的に接続された導線の他端側、または一の太陽電池セルの受光面電極部の複数本の線状分離電極に一端側が跨って電氣的に接続された導線の他端側と、隣接する他の太陽電池セルの裏面電極部との間でなされてなる太陽電池モジュールが提供される。

10

20

30

40

50

このモジュール化に際しては、セルの直列結線時やガラス板への貼付け時に加わる機械的応力を回避し、上述のようなセル割れを低減することができると。

【0016】

また、本発明の太陽電池モジュールにおいては、隣接する各導線のピッチが、0.5～5mm、好ましくは2mmに設定されたものとすれば、上述したように高い光電変換効率の太陽電池モジュールを得ることができると。

【0017】

本発明は、さらに別の観点によれば、上述の複数の太陽電池セルを電氣的に直列に接続するセル接続工程を備え、このセル接続工程が、

導線を巻いたボビンが複数個並んだ第1ボビン列と、導線を巻いたボビンが複数個並んだ第2ボビン列とを略上下交互に交差状に移動させながら各導線を繰り出し、かつ第1ボビン列の各導線と第2ボビン列の各導線との間に複数の太陽電池セルを順次平織状に織り込むセル織り込み工程と、

各太陽電池セルの受光面電極部と裏面電極部に各導線を電氣的に接続する導線接続工程と、

直列に隣接する各太陽電池セルのセル間において、第1ボビン列の各導線と第2ボビン列の各導線を隣接するセル間毎に交互に切断する導線切断工程とを備えた太陽電池モジュールの製造方法が提供される。

【0018】

つまり、本発明の太陽電池モジュールの製造方法では、第1ボビン列の各導線と第2ボビン列の各導線を縦系とみなし、第1ボビン列の各導線と第2ボビン列の各導線の間に略直交方向に太陽電池セルをあらかも横系のように順次織り込むことにより、複数の太陽電池が直列に結合される。次いで、各太陽電池セルの受光面および裏面に各導線を、例えば加熱溶着させて電氣的に接続し、その後、直列に隣接する各太陽電池セルのセル間において、第1ボビン列の各導線と第2ボビン列の各導線をセル間毎に交互に切断することによって複数の太陽電池を電氣的に直列配線した状態とする。

このような太陽電池モジュールの製造方法によれば、複数の太陽電池を電氣的に直列配線するのに要する時間を従来比の1/5程度にまで大幅に短縮することができ、太陽電池モジュールの生産効率が大幅に向上すると共に、製造装置にかかる生産能力当たりのコストについても従来比の1/2程度にまで低減でき、太陽電池モジュールの製造コストを大幅に削減することができると。

【0019】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を、図面を参照しながら詳説する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。

【0020】

図1は本発明の実施の形態に係る太陽電池セルの斜視図であって、直列配線した複数の太陽電池セルのうちの1個を切り取った状態を表し、図2は同実施の形態における太陽電池モジュールの断面図であり、図3は同実施の形態における太陽電池セルを用いた太陽電池モジュールの平面図であり、図4は同実施の形態における太陽電池モジュールの要部拡大断面図であって、隣接する太陽電池セル同士を銅線にて電氣的に接続した状態を示している。なお、図1と図3において、矢印Aはモジュール化の際の導線による接続方向を表し、矢印Bはモジュール化の際の導線による接続方向と略直交する方向を表している。

【0021】

この実施の形態の太陽電池セル10は、複数の半導体層が積層されてなる光電変換機能を有する半導体層部11と、この半導体層部11の受光面側に設けられる受光面電極部12と、半導体層部11の裏面側に設けられる裏面電極部13と、半導体層部11の受光面に形成された反射防止膜14とを備えている。なお、図1において、26は受光面電極部12および裏面電極部13に電氣的に接続された導線としての金属細線である。

【0022】

10

20

30

40

50

矩形板状の半導体層部 11 は、P 型シリコン基板 11a の受光面側に n+ 拡散層 11b を有すると共に、P 型シリコン基板 11a の裏面側に P+ 層 11c を有している。

受光面電極部 12 は、モジュール化の際の金属細線 26 による接続方向 A と略直交する方向 B に並ぶ複数列のドット状分離電極 12a からなる。このドット状分離電極 12a の形状、大きさを法としては、上記接続方向 A を短辺とする長方形状であって、0.2mm×0.5mm に形成されている。この分離電極 12a は、上記接続方向 A と略直交する方向 B に 2mm の電極間ピッチ（各ドット間ピッチ） P_2 で所定複数個が 1 列に並び、かつ上記接続方向 A に 2mm の電極間ピッチ（各列間ピッチ） P_1 で所定複数列が配置されている。なお、図 1 では煩雑化を避けるため、分離電極 12a は、各ドット間ピッチ P_2 で 8 個が 1 列に並び、かつこの列が各列間ピッチ P_1 で 9 列配置された場合を図示したが、実際は接続方向 A と略直交する方向 B に数 10 個の分離電極 12a が 1 列に並び、この列が接続方向 A に 10～60 列配置される（図 3 参照）。

10

なお、A 方向のドット間のピッチは、一定ピッチである必要はなく、前記ピッチ範囲であれば概ねピッチに変化があってもよい。換言すれば、前記ピッチ P_2 方向には一列に配列しなくてもよい。他に、分離電極の内金属配線 26 に一部接続できない分離電極が存在してもその比率が 10% 以内であれば実用の特性上問題ではない。

【0023】

裏面電極部 13 は、上記接続方向 A と略直交する方向 B に延びる複数本（図 1 では 10 本）に分離した線状の分離電極 13a からなり、各分離電極 13a は上記接続方向 A のピッチ 2mm で相互に平行に配置されている。

20

【0024】

図 2 と図 3 は、この太陽電池セル 10 を 8 個用いて製作した太陽電池モジュール M を示し、この場合、4 個の太陽電池セル 10 を直列結線したセル列 15 を 2 組並列させている。各セル列 15、15 は一端側が導電部材 8 に電気的に接続され、導電部材 8 とは反対側の他端側において、一方のセル列 15 は負極端子 6 が、他方のセル列 15 は正極端子 7 がそれぞれ電気的に接続されている。

【0025】

図 1～図 4 に示すように、モジュール化においては、4 個の太陽電池セル 10 を複数本の金属細線 26 に電気的に直列に接続する際、一の太陽電池セル 10 の受光面電極部 12 の複数列のドット状分離電極 12a に一端側が跨って電気的に接続された金属細線 26 の他端側を、隣接する他の太陽電池セル 10 の裏面電極部 13 の複数本の線状分離電極 13a に跨らせるようにして電気的に接続している。このとき、受光面電極部 12 および裏面電極部 13 に電気的に接続された各金属細線 26 のピッチは、受光面電極部 12 のドット状の各分離電極 12a 間のピッチ P_2 と略等しく設定されている。また、この場合、相互に隣接する太陽電池セル 10、10 同士の電気的接続個所は、受光面電極部 12 側または裏面電極部 13 側に並ぶ金属細線 26 の本数と等しくなる。このように 4 個ずつの太陽電池セル 10 が直列配線されてなるセル列 15、15 は、強化ガラス 2 と防湿フィルム 5 との間に EVA シート 3、4 を介して設置されることにより、太陽電池モジュール M が製作される。

30

【0026】

次に、上述の太陽電池セル 10 を用いた太陽電池モジュール M の製造方法、特に、複数の太陽電池セル 10 を電気的に直列に配線接続するセル接続工程について説明する。なお、図 5 は本発明の太陽電池モジュールの製造方法を説明する模式図であって、セル接続工程におけるセル組み込み工程と導線接続工程を表し、図 6 は図 5 の模式図の続きであって、セル接続工程における導線切断工程を表している。

40

【0027】

この太陽電池モジュールの製造におけるセル接続工程では、図 5 と図 6 に示すようなセル接続装置が用いられる。このセル接続装置は、同一軸心上に並列した複数個（少なくとも 3 個以上であり、この場合 30 個）のボビン 80 からなる第 1 ボビン列 L_1 と、同一軸心上に並列した複数個（少なくとも 3 個以上であり、この場合 30 個）のボビン 81 からな

50

る第2ボビン列 L_2 と、これら各ボビン列 L_1 、 L_2 の各ボビン30、31を回転可能に保持すると共に、各ボビン列 L_1 、 L_2 を略上下交互（矢印C方向）に交差状に移動させる図示省略のボビン移動手段と備える。このボビン移動手段の初期状態においては、各ボビン列 L_1 、 L_2 が上昇位置と下降位置で停止して待機している。なお、各ボビン30、31には予め金属細線26が巻設されている。また、各ボビン列 L_1 、 L_2 の各ボビン30、31よりも搬送方向下流側には、上下一対の搬送ローラ32、33と、加熱炉34と、上下一対の搬送ローラ35、36と、矢印で示した導線切断手段37、37と、上下一対の搬送ローラ38、39とを順に備えている。なお、各対の搬送ローラは、同じ円周速度で回転する。また、導線切断手段37としては、例えばレーザー切断装置が用いられる。

【0028】

このようなセル接続装置を用いるセル接続工程では、図5に示すように、先ず、セル織り込み工程が行われる。このセル織り込み工程では、各ボビン列 L_1 、 L_2 の各ボビン30、31が所定回転速度で回転して同時に全ての金属細線26が繰り出される。この際、上昇位置の第1ボビン列 L_1 からは各金属細線26が斜め下方へ繰り出され、下降位置の第2ボビン列 L_2 からは各金属細線26が斜め上方へ繰り出される。そして、上下位置の各ボビン列 L_1 、 L_2 から繰り出された各金属細線26の間のセル供給位置Eに1枚の太陽電池セル10が差し込まれる。

【0029】

その後、ボビン移動手段によって各ボビン列 L_1 、 L_2 が略上下交互に交差状に移動し、第1ボビン列 L_1 が下降位置に停止し、かつ第2ボビン列 L_2 が上昇位置に停止して位置が入れ替わることにより、第1ボビン列 L_1 の各金属細線26と第2ボビン列 L_2 の各金属細線26との間に太陽電池セル10が平織状に織り込まれる。つまり、複数本の金属細線26が縦糸となり、太陽電池セル10があたかも横糸のようにして織り込まれる。

【0030】

そして、上下位置が入れ替わった各列 L_1 、 L_2 からの各金属細線26の間のセル供給位置Eに、次の太陽電池セル10が供給され、再び各ボビン列 L_1 、 L_2 が略上下交互に交差状に移動して上下位置が入れ替わることによりセル10が織り込まれるというように、複数の太陽電池セル10が複数本の金属細線26によって順次織り込まれていく。このセル織り込み工程において、第1ボビン列 L_1 の各ボビン30と第2ボビン列 L_2 の各ボビン31とは同数であって対をなしており、各対のボビン30、31から繰り出された各金属細線26、26は擦り合わされるようにして交差し、かつセル受光面側の金属細線26はドット状分離電極の略中央位置に乗せられる（図1参照）。すなわち、この各対の金属細線26、26が、ドット状分離電極のピッチ P_2 と略等しいピッチで配線される。

【0031】

金属細線26によって織り込まれた太陽電池セル10は、搬送ローラ32、33によって下流側へ搬送される。上記各ボビン列 L_1 、 L_2 のボビン30、31からの各金属細線26の繰り出し速度は、搬送ローラ32、33の回転による円周速度と略同じであり、かつ対をなす各ローラ32、33は連動回転している。これにより、各金属細線26にかかる張力が十分に小さく抑えられ、断線が生じないようにされている。なお、この搬送ローラ32、33の下流側に設置された搬送ローラ35、36および搬送ローラ38、39も各金属細線26の繰り出し速度と略等しい円周速度で連動回転している。

【0032】

搬送ローラ32、33を通過したセル列は、次のステップである導線接続工程にて各金属細線26がセル受光面とセル裏面に電気的に接続される。すなわち、セル列は、加熱炉34内を通過することにより、太陽電池セル10の受光面電極部および裏面電極部の各分離電極と各金属細線26とが加熱溶着して電気的に接続する。そして、加熱炉34内を通過したセル列は、搬送ローラ35、36によって下流側へ搬送される。

【0033】

その後、図6に示すように、セル列は、次のステップである導線切断工程にて各金属細線26が所定位置にて切断される。この導線切断工程においては、切断しようとする金属細

10

20

30

40

50

線 26 に、光学系を通したレーザ光の焦点を合わせて照射することにより、各セル間における金属細線 26、26 の交差付近の第 1 ボビン列 L_1 側の全ての金属細線 26 または第 2 ボビン列 L_2 側の全ての金属細線 26 が切断される。つまり、直列に隣接する各太陽電池セル 10 のセル間において、第 1 ボビン列 L_1 の各金属細線 26 と第 2 ボビン列 L_2 の各金属細線 26 をセル間毎に交互に切断することによって、セル表裏面の金属細線 26 が各セル 10 を電氣的に接続した状態に変える。なお、この導線切断工程では、搬送による金属細線 26 の振動がレーザの焦点深度よりも小さく設定される。

【0034】

このようにして作製された連続直列接続セル列は、搬送ローラ 38、39 により下流側へ引き出され、その後、所定セル枚数（この場合 4 枚）毎に金属細線 26 部分で切断される。そして、上述したように、このように 4 個ずつの太陽電池セル 10 に対して通常のラミネート加工（ガラス板に透明樹脂を介して張付ける）等を行うことにより太陽電池モジュールが完成する。

【0035】

このような太陽電池モジュールの製造方法によれば、複数の太陽電池を電氣的に直列配線するのに要する時間を従来比の $1/5$ 程度にまで大幅に短縮することができ、太陽電池モジュールの生産効率が大幅に向上すると共に、製造装置にかかる生産能力当たりのコストについても従来比の $1/2$ 程度にまで低減でき、太陽電池モジュールの製造コストを大幅に削減することができる。

【0036】

【実施例 1】

太陽電池セル及びこの太陽電池セルを用いた太陽電池モジュールを、下記の製造手順により製作した。なお、この実施例 1 の太陽電池セルは、実施の形態（図 1）で説明した太陽電池セル 10 において、裏面電極部 13 を受光面電極部 12 と同様のドット状分離電極とした。

【0037】

まず、外形 $125\text{ mm} \times 80\text{ mm}$ 、厚さ 0.22 mm で比抵抗 $2\ \Omega \cdot \text{cm}$ の P 型シリコン基板 11a を、容積比 $1:3$ のフッ酸（50%）・硝酸混合溶液中に 1 分間浸漬することにより、スライス時の破碎表面層約 $20\ \mu\text{m}$ を除去した。次に、その片面に BSG フィルムをスピコートした後、 900°C の熱処理炉中 30 分間で P+ 層 11c 形成のボロン拡散を行った。P+ 層 11c のシート抵抗値は $83\ \Omega/\square$ で深さは $0.4\ \mu\text{m}$ であった。この面に耐酸テープを貼り、上記フッ酸硝酸溶液中で他面の不要な P+ 層を除去した。そして、このテープを有機溶剤で除去、洗浄した後、P+ 層 11c 表面に半導体用 SiO_2 コート剤を塗布乾燥した。続いて、 500°C で加熱で膜の密化処理後、 POCl_3 を含む雰囲気中の 860°C 電気炉中で 25 分間のりん拡散を行った。その後、HF 系溶液中で PSG（りんガラス）層などを除去して、接合深さ約 $0.34\ \mu\text{m}$ 、表面濃度 $10^{19}\ \text{cm}^{-2}$ 以上の受光面側 n+ 拡散層 11b を得た。この n+ 拡散層 11b のシート抵抗値は $85\ \Omega/\square$ であった。次に、この n+ 拡散層 11b 表面にプラズマ CVD 装置を用いて窒化シリコン膜（ SiN_x ）を反射防止膜 14 として厚み約 $800\ \text{\AA}$ を堆積形成した。なお、ガス種としてシラン及びアンモニアを用いた。次の電極形成では、最初に裏面に A9 粉末と A1 粉末を含むペーストを長方形のドット状パターン（ $0.5\text{ mm} \times 1.5\text{ mm}$ ）でビッチ P_1 は 4 mm 、ビッチ P_2 も 4 mm として印刷、乾燥した。近赤外線炉中で焼成することによって裏面電極部 13 を形成した。次いで、受光面側電極形成として、n+ 層 11b 上の SiN_x 反射防止膜 14 の上から、同様の長方形のドット状パターンでスクリーン印刷した。この電極材料としては、太陽電池用の A9 を主成分とするペースト材料を用いた。そして、近赤外線炉を利用しながら約 650°C の温度で焼成することによって受光面電極部 12 を形成して発明の太陽電池セルを完成した。なお、この実施例 1 では、表裏面の各電極部 12、13 において、セル接続方向 A と略直交する方向 B に 30 個 \times セル接続方向 A に 19 列の合計 570 個のドット状分離電極を形成し、各電極部 12、13 の各分離電極は対向する位置関係となっている。

10

20

30

40

50

【0088】

作製した太陽電池セルについて、測定照射強度 100 mW/cm^2 の疑似太陽光下で、電流電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は 31.7 mA/cm^2 、開放電圧は 602 mV 、曲線因子は 0.721 、セル光電変換効率は 14.8% であった。この際、疑似太陽光源としてはキセノンランプとフィルターを用いた。また、照射強度の測定には校正されたサーモパイルを用いた。また、短絡電流密度の測定にはデジタル可変電圧電源を用いて、疑似太陽光下で、太陽電池を動作させて計測した。また、セル光電変換効率は、セル面積への入射エネルギーに対する変換された電気エネルギーの比率を算出することによって得られた。また、セルの動作特性の測定には、分離電極を電氣的に接続できる測定用プローブ（探針）を用いた。

10

【0089】

次に、作製した太陽電池セルのモジュール化を下記のようにして行った。

銅線に厚さ $10\text{ }\mu\text{m}$ のディップ法のはんだメッキを予め行い、合計の直径 $80\text{ }\mu\text{m}$ の金属細線26を、第1ボビン列 L_1 に30本、第2ボビン列 L_2 に30本の合計60本を装填した。一方、セル供給位置Eには、セル長手方向が金属細線供給方向と略直交するように、上記作製したセル10を一枚ずつ供給しながら各ボビン列 L_1 、 L_2 を同時に、かつ異なる方向に上下させながらセル10を金属細線26間に織り込んだ。この際、各ボビン列 L_1 、 L_2 の対をなす金属細線26、26を、表裏面側の各ドット状分離電極におけるセル接続方向Aと略直交する方向Bの中央位置に $\pm 100\text{ }\mu\text{m}$ 程度の位置精度で配置した。また、セル10とセル10の間隔は 2 mm となるように設定した。

20

【0040】

続いて、金属細線26がセル受光面とセル裏面に形成した各分離電極と接触したセル列を、 250°C に設定された長さ 1 m の可視光ランプ炉（加熱炉34）内に通過させた。この際、各分離電極と金属細線26は、数秒間、はんだ融点 206°C 以上の 230°C となり、セル表裏面のそれぞれの分離電極と金属細線26とを電氣的に接続した。

【0041】

次いで、上下2個所のレーザ光照射部を、セル間毎に交互に金属細線26と略直交する方向に 25 cm/s で移動させながらYAGレーザ光（波長 $1.06\text{ }\mu\text{m}$ 、強度 0.2 J/cm^2 、照射面積 0.04 cm^2 、繰返し周波数 60 Hz ）を照射して、第1ボビン列 L_1 の各金属細線26および第2ボビン列 L_2 の各金属細線26を切断した。この際、レーザ光照射部の移動時には、セル列は一時停止させた。なお、直列接続されたセル列が各対の搬送ローラにより順次引出される速度（タクト）は、 2 秒/セル であった。

30

【0042】

次に、このセル列をセル4枚ごとに切断した。切断方法は別のレーザ光源と同様に行った。その後、公知のラミネーター装置（図示しない）内で、図2に示すように、強化ガラス2、EVA（エチレンビニルアセテート）シート3、直列結線されたセル列15、EVAシート4、防湿フィルム5の順に載置した後、空気排気、加熱、封着の手順で、太陽電池モジュールMを完成した。なお、図3に示すように、ラミネート化に際して、太陽電池モジュール39には負極端子6、正極端子7が取り付けられている。全てのセル10は、金属細線26で直列配線された上で、上記2つのモジュール端子6、7に電氣的に接続された。完成モジュールMは上記疑似太陽光下で動作させて、電流電圧特性を測定したところ、短絡電流密度は 38.1 mA/cm^2 、開放電圧は 4.81 V 、曲線因子は 0.719 、モジュール光電変換効率は 18.2% であった。

40

【0043】

〔比較例1〕

実施例1と同外形寸法、同品質のシリコン基板を用い、実施例1との違いは、シリコン基板厚さを実施例1の 0.22 mm よりも厚い 0.40 mm としたこと、及び図7で説明したグリッド電極とメイングリッド電極を有する従来の電極構造とし、その他条件は全て実施例1と同ーとしてセル化を行い、比較例1とした。このように作製した比較例1のセルの動作特性を測定した結果、セル光電変換効率としては 18.6% を得た。その後、従来

50

の、幅2mm、厚さ0.2mmの銅リボン箔を接続導体とする従来配線方法を用いてモジュール化を行い、モジュールとしての動作特性を測定したところ、モジュール光電変換効率は11.9%であった。

【0044】

上記実施例1および比較例1の測定結果を表1にまとめた。

【0045】

【表1】

	セル (寸法125×80mm)				モジュール (面積1000cm ²)			
	短絡電流 (mA/cm ²)	開放電圧 (mV)	曲線因子	変換効率 (%)	短絡電流 (A)	開放電圧 (V)	曲線因子	変換効率 (%)
実施例1	34.1	602	.721	14.8	3.81	4.81	.719	13.2
比較例1	31.5	598	.724	13.6	3.54	4.78	.702	11.9

10

【0046】

表1から、実施例1のセル短絡電流密度の向上は、受光面におけるセル電極面積が減少したこと、および電極部分の再結合速度の低減効果によると推測される。つまり、電極面積低減比率（実施例1は電極占有率2.5%、比較例1のそれは4.8%）以上に電流向上があることから再結合低減寄与効果があったと推測された。実施例1のモジュール曲線因子は、金属配線での直列抵抗が小さくなる特徴から比較例1に比べてFF低下がほとんどない。比較例1のモジュール変換効率11.9%に対して実施例1では13.2%の高い変換効率を得られた。

20

さらに、実施例1ではシリコン基板を厚さ0.22mmの薄型のものを用いたにもかかわらず、本発明の配線方法を適用したことにより、モジュール化後のセル破損率は、従来と同レベルの0.001%以下を保持できた。また、配線速度は比較例1（従来）のセル当たり7秒に対し、実施例1では2秒/セル程度が可能であった。

【0047】

【実施例2】

実施例2では、図1で説明した本発明の太陽電池セルを作製する際、分離電極間のピッチを変化させた。分離電極1個の寸法としては、幅0.8mm、長さ2mmとして、セル接続方向Aでの電極間ピッチP₁の異なる複数種類のセルを作製した。電極間ピッチP₁としては、0.4mm、0.5mm、1.0mm、2.0mm、3.0mm、4.0mm、5.0mm、6.0mmの8種類とした。なお、各種の太陽電池セルのシート抵抗は60Ω/□に統一した。そして、電極間ピッチP₁が同一のセル8枚で図8に示すような太陽電池モジュールを、実施例1と同様の条件で作製した。

30

これら8種類の太陽電池モジュールの疑似太陽光下での動作特性の内、曲線因子、変換効率を測定し、その結果を表2に示した。

【0048】

【表2】

	電極間ピッチ (シート抵抗 60 Ω/□)							
ピッチ (mm)	0.4	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
曲線因子	.737	.735	.734	.730	.731	.707	.684	.632
変換効率%	9.8	11.0	11.3	11.5	11.2	10.6	10.0	9.7

40

【0049】

この結果から、セルの分離電極間のピッチとしては、2.0mmの場合にモジュール光電

50

変換効率として最高値 11.5%を示したが、分離電極間のピッチの範囲としては 0.5 ~ 5 mm で実用的な太陽電池モジュールが得られた。なお、このピッチ範囲外の太陽電池モジュールでは実用性に欠けるモジュール光電変換効率 9.8%以下しか得られなかった。

【0050】

〔実施例 3〕

実施例 3 においては、各金属細線間のピッチの有効な範囲を明らかにするために、図 1 で示した長方形の分離電極の形状に代えて、円形の電極形状とした。円形の分離電極の形成に際しては、スクリーンパターンを全て直径 0.8 mm の円形として A9 電極材料を印刷した。そして金属細線の配線方向（図 1 矢印 A 方向）の分離電極間のピッチ P_1 としては 0.5 mm とした。また、配線方向に垂直な方向（図 1 矢印 B 方向）の分離電極間のピッチ P_2 としては、モジュール化の際の各金属細線間のピッチである 0.3 mm、0.5 mm、1.0 mm、2.0 mm、3.0 mm、4.0 mm、5.0 mm、6.0 mm の 8 種類とした。このように、円形のドット状分離電極とした電極間ピッチの異なる 8 種類の太陽電池セルを上記実施例 1 と同様の手順で作製した。なお、太陽電池セルのシート抵抗は $60 \Omega/\square$ に統一した。そして、完成した太陽電池セルを種類毎に実施例 1 と同様の方法で配線して太陽電池モジュールを作製した。なお、ここで記載のない条件等はすべて実施例 1 に記載の通りとした。

【0051】

【表 3】

	金属細線間のピッチ (n+層シート抵抗 $60 \Omega/\square$)							
ピッチ mm	0.3	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
変換効率 (%)	9.9	10.2	11.7	11.4	12.1	11.2	10.6	9.1

【0052】

この結果から、金属細線間のピッチとしては、3.0 mm の場合にモジュール光電変換効率として最高値 12.1%を示したが、金属細線間のピッチ範囲としては 0.5 ~ 5 mm で実用的な太陽電池モジュールが得られた。なお、このピッチ範囲外の太陽電池モジュールでは実用性に欠けるモジュール光電変換効率 9.9%以下しか得られなかった。

【0053】

〔実施例 4〕

実施例 4 では、図 1 で説明した太陽電池セルにおいて、分離電極が $0.25 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ の長方形で、分離電極の金属細線に垂直な方向（図 1 矢印 B 方向）のピッチ P_2 が 2 mm、各金属細線間のピッチも 2 mm とし、n+層 11b のシート抵抗を $40 \sim 170 \Omega/\square$ の範囲で変化させてセルを作製し、続いてモジュール化、その変換効率特性を調べ、その結果を表 4 に示した。なお、これ以外の条件は実施例 1 と同様にした。

【0054】

【表 4】

	n+層シート抵抗とモジュール変換効率							
シート抵抗	40	50	60	90	120	150	160	170
変換効率 (%)	7.8	9.8	11.3	11.9	11.1	10.2	9.1	7.2

【0055】

この結果から、シート抵抗としては $90 \Omega/\square$ の場合にモジュール光電変換効率として最

10

20

30

40

50

高値 11.9% を示したが、シート抵抗範囲としては 50 ~ 150 Ω/\square で実用的な太陽電池モジュールが得られた。なお、このシート抵抗範囲外の太陽電池モジュールでは実用性に欠けるモジュール光電変換効率 9.1% 以下しか得られなかった。

【0056】

【発明の効果】

本発明によれば、複数の導線にセルを一旦平織りにしてセル間を接続した後に、一部不要な金属配線を切断加工してセル間を電氣的に直列配線することにより、セル厚さが薄くても、モジュール光電変換効率が高く、モジュール化による配線でのセル自体の破損率が低減し、かつ配線接続の高速化も同時に可能となることで一層低コストな太陽電池モジュールおよびその製造方法を提供することができる。また、本発明によれば、上記効果を奏することができる太陽電池セルを併せて提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る太陽電池セルの斜視図であって、直列配線した複数の太陽電池セルのうちの1個を切り取った状態を表す。

【図2】同実施の形態における太陽電池モジュールの断面図である。

【図3】同実施の形態における太陽電池セルを用いた太陽電池モジュールの平面図である。

【図4】同実施の形態における太陽電池モジュールの要部拡大断面図であって、隣接する太陽電池セル同士を銅線にて電氣的に接続した状態を示している。

【図5】本発明の太陽電池モジュールの製造方法を説明する模式図であって、セル接続工程におけるセル織り込み工程と導線接続工程を表す。

20

【図6】図5の模式図の続きであって、セル接続工程における導線切断工程を表している。

【図7】従来の太陽電池セルを示す斜視図である。

【図8】従来の太陽電池セルを用いて製作した太陽電池モジュールを示す断面図である。

【符号の説明】

10 太陽電池セル

11 半導体層部

12 受光面電極部

13 裏面電極部

30

26 導線

A 接続方向

B 接続方向と略直交する方向

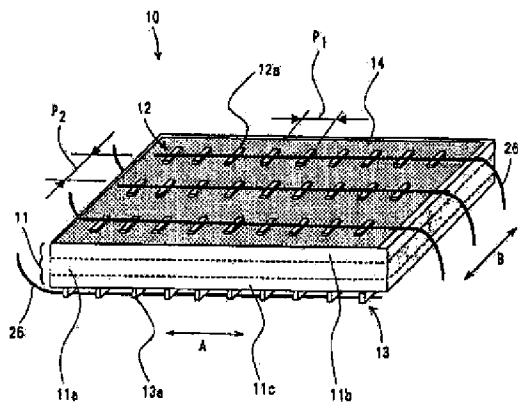
L₁ 第1ボビン列

L₂ 第2ボビン列

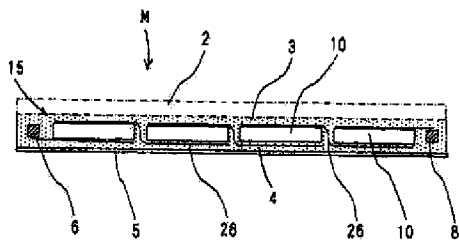
P₁ 電極間ビッチ

P₂ 電極間ビッチ

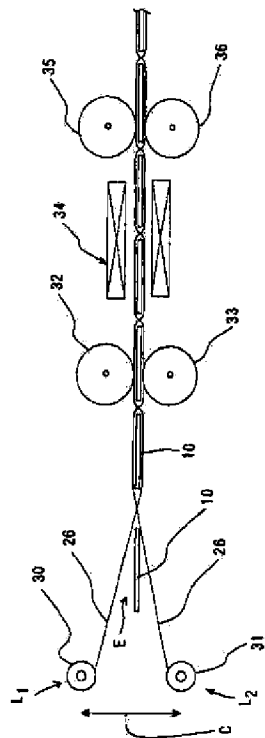
【図 1】



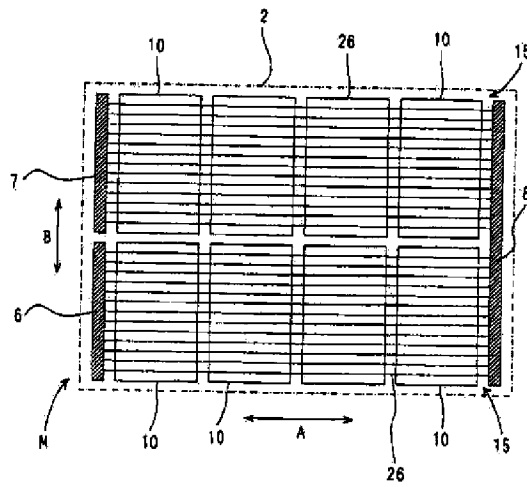
【図 2】



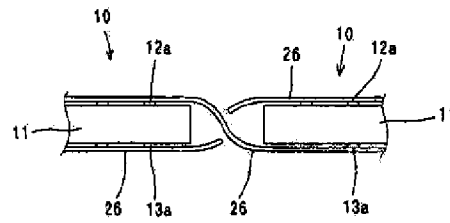
【図 5】



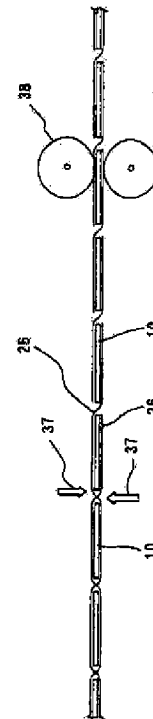
【図 8】



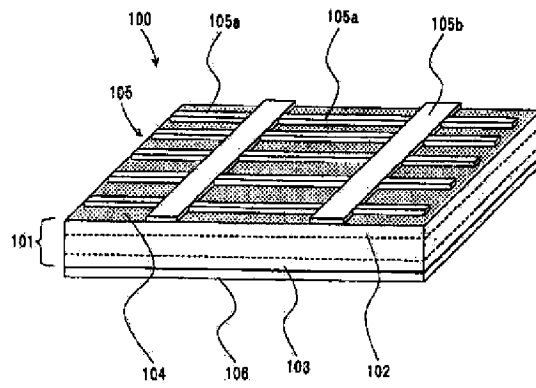
【図 4】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

